

Une évaluation de la résilience d'exploitations d'élevage face aux aléas climatiques : application à des élevages de ruminants bio du Massif central

VEYSSET P. (1), BOIVENT C. (1, 2)

(1) Université Clermont Auvergne, INRAE, VetAgro Sup, UMR Herbivores, F-63122 Saint-Genès-Champanelle

(2) Ecole Supérieure d'Agricultures Angers Loire, 55 rue Rabelais, F-49007 ANGERS

RESUME

L'augmentation de la fréquence des perturbations climatiques pourraient avoir un impact sévère sur la gestion et les performances des exploitations biologiques dans les zones herbagères. A partir des données structurelles, techniques et économiques de trente-six exploitations d'élevage de ruminants biologiques (bovins viande et lait, ovins lait et viande) du Massif central suivies entre 2014 et 2020, et des données météorologiques permettant de calculer des indicateurs agro-climatiques pour chaque exploitation et chaque année, nous avons étudié les déterminants de la résilience des systèmes. La résilience a été mesurée par la stabilité ou l'augmentation de la valeur ajoutée (production brute hors subventions moins consommations intermédiaires) de l'exploitation. Nous avons utilisé une modélisation par équations structurelles (SEM) avec la méthode des moindres carrés partiels (PLS), puis une classification ascendante hiérarchique (CAH). Nos résultats montrent que la gestion du système fourrager est principalement basée sur la maximisation du pâturage au détriment de la constitution des stocks fourragers. Le maintien de la production du troupeau, même au détriment de l'autonomie fourragère, est essentiel pour la résilience des exploitations. Les variations climatiques des sept années d'observation n'ont pas eu d'impact sur les structures des exploitations. Les agriculteurs ont géré les perturbations climatiques en maximisant le pâturage et en achetant du fourrage pour compenser les déficits fourragers avec des achats de concentrés relativement stables. Des aléas plus intenses pourraient cependant remettre en cause la capacité des systèmes à gérer la variabilité climatique, notamment si le fourrage biologique se raréfie sur le marché.

A method to assess the resilience of livestock farms to climatic hazards: application to organic ruminant farms in the Massif Central

VEYSSET P. (1), BOIVENT C. (1, 2)

(1) Université Clermont Auvergne, INRAE, VetAgro Sup, UMR Herbivores, F-63122 Saint-Genès-Champanelle

SUMMARY

The increase of frequency of climatic perturbations could have a severe impact on the management and the performances of organic farms in grassland areas. Based on structural, technical, and economic data from thirty-six specialized ruminants (beef and dairy cattle, dairy sheep and sheep for meat) organic farms in the Massif Central (a mountain area) monitored between 2014 and 2020, and meteorological data enabling to calculate agro-climatic indicators for each farm and each year, we studied the determinants of the resilience of the systems. Resilience was measured by the stability or increase in the value added (gross output without subsidies minus intermediate consumption) of the farm. We used a Partial Least Square (PLS) path modelling and then a hierarchical ascending classification (HAC). In the farms studied, the management of the forage system is primarily based on maximizing grazing at the expense of the constitution of fodder stocks. Maintaining herd production, even at the expense of fodder autonomy, is essential for the resilience of the farms. Finally, the climatic variation of the seven years of observations did not impact the structures of the farms. Farmers managed the climatic perturbations by maximizing grazing and by purchasing fodder to compensate forage deficits, concentrates purchases remaining stable. More intense hazards could, however, call into question the capacity of the systems to manage climatic variability, mainly if organic fodder become scarce on the market.

INTRODUCTION

Parmi les facteurs affectant la gestion et les performances des systèmes de production animale, les aléas climatiques prennent une importance considérable et impactent fortement le fonctionnement, l'autonomie alimentaire et les résultats économiques des exploitations d'élevage en zone herbagère de moyenne montagne telle que le Massif central (Mosnier et al., 2013). Le Massif central concentre 30% du cheptel français de ruminants certifiés en agriculture biologique (AB), ces élevages ainsi que leur environnement professionnel, sont demandeurs de références techniques et économiques fournies par le projet BioRéférences (Pôle Bio Massif central, 2023). Un projet de Recherche et Développement a également été mis en place afin d'obtenir des informations localisées permettant une analyse fine des impacts du changement climatique sur le territoire, en vue d'adapter les systèmes de production du Massif central (Sidam Copamac, 2023). L'adaptation des systèmes d'élevage à ces aléas climatiques fait appel à un certain nombre de leurs propriétés intrinsèques, telles que la

robustesse, la flexibilité ou la plasticité (Sauvant et Martin, 2010). Cette capacité des systèmes de production à se transformer, s'adapter pour maintenir leur fonction reflète leur résilience, concept largement utilisé pour étudier les capacités d'adaptation des systèmes agricoles (Urruty et al., 2016). L'évaluation de la résilience des systèmes de production agricole peut se baser sur l'analyse des dynamiques du système sous perturbations et de sa préservation de ses fonctions premières (Dardonville et al., 2021 ; Perrin et al., 2020). Une évaluation de la résilience d'un système de production va nécessiter de bien définir le système et la perturbation étudiées, ainsi que les bons indicateurs des caractéristiques et performances dudit système (Carpenter et al., 2001). L'objectif de ce travail est triple : 1) proposer un indicateur et une approche novatrice pour étudier la résilience d'élevages de ruminants face aux aléas climatiques, 2) objectiver les impacts des aléas climatiques observés sur les pratiques agricoles au sein de ces élevages, 3) définir les principaux déterminants de cette résilience.

1. MATÉRIEL ET MÉTHODES

1.1 INDICATEURS DE RESILIENCE ET D'ALEAS CLIMATIQUES

La fonction première d'une exploitation agricole est la mise en œuvre de moyens de production par les exploitants pour assurer techniquement et économiquement une production agricole (Insee). La résilience d'une exploitation sera mesurée par sa capacité à assurer une production agricole tout en créant un excédent de richesse pour être économiquement viable malgré la traversée d'une perturbation. Cette notion de création d'excédent de richesse d'une entreprise est captée par la valeur ajoutée, soit la différence entre le produit brut (valeur des productions finales hors subventions) et la valeur des biens et services consommés (consommations intermédiaires) au cours du processus de production. Nous choisissons la valeur ajoutée et son évolution interannuelle comme indicateur de résilience des exploitations.

Le volet climatique du projet régional AP3C Adaptation des Pratiques Culturelles au Changement Climatique (Sidam Copamac, 2023) propose une liste d'un certain nombre d'indicateurs agroclimatiques pertinents pour les systèmes agricoles du Massif central. Ces indicateurs sont calculés à partir de données météorologiques journalières (températures, pluviométrie, évapotranspiration) et permettent de renseigner annuellement, et pour chaque station météorologique du territoire, sur les conditions météorologiques favorables ou non pour la croissance et la récolte des prairies et cultures.

1.2. LE RESEAU DE FERMES, L'APPARIEMENT DES DONNEES CLIMAT ET EXPLOITATIONS

Les fermes supports de l'étude **fermes** ont été choisies et enquêtées par les acteurs du projet BioRéférences, elles se répartissent sur l'ensemble du Massif central et intègrent deux espèces de ruminants (bovins, ovins) et les deux productions principales (lait et viande) de ce territoire de moyenne montagne. Ces exploitations sont toutes certifiées agriculture biologique depuis au moins cinq ans au démarrage du projet, elles ont été suivies selon la méthodologie INOSYS-Réseaux d'Élevage et leurs données structurelles, techniques et économiques ont été enregistrées dans la base Diapason pour chaque année de 2014 à 2020. Nous avons pu constituer un échantillon **constant** de 36 fermes sur la période de six ans 2014-2019 : 12 bovins lait (BL), 11 bovins viande (BV), 9 ovins lait (OL) et 4 ovins viande (OV). Parmi ces 36 fermes, 28 (11 BL, 9 BV, 4 OL, 4 OV) sont en échantillon constant sur sept ans, 2014-2020. Notre étude portera sur cet échantillon de 36 fermes et sur la période 2014-2020.

Pour évaluer l'exposition de chaque exploitation, chaque année, à un risque climatique, nous avons apparié, par cartographie avec l'aide d'un climatologue, chaque exploitation à une station météo. Parmi les 247 stations météorologiques du Massif central ayant un jeu de données journalières complet du 1^{er} janvier 2014 au 31 décembre 2020, 29 stations ont été conservées pour être appariées avec les 36 exploitations. Nous avons ainsi pu calculer les variables agroclimatiques propres à chaque exploitation pour chaque année.

1.3. MODELES D'ANALYSES, SELECTION ET TRAITEMENT DES VARIABLES

1.3.1. Modélisation par équations structurelles

Nous avons utilisé la modélisation par équations structurelles (SEM) avec la méthode des moindres carrés partiels (Partial Least Square, PLS) pour analyser les relations entre les conditions climatiques, les pratiques des élevages et leur résilience. La modélisation PLS met en relation des variables latentes, c'est-à-dire des concepts qui ne sont pas directement mesurables (résilience, bonnes conditions météo etc.), avec des variables observables (appelées variables manifestes) et relie les variables latentes entre elles. Un modèle d'approche PLS est divisé en deux modèles, i) le modèle de mesure qui explicite les relations entre les variables manifestes et la

variable latente à laquelle elles participent, ii) le modèle structurel qui exprime les relations entre les variables latentes.

1.3.2. Sélection des variables et choix des relations entre variables latentes

Tableau 1 Variables latentes, variables manifestes associées

Variables latentes	Libellé variables manifestes (unité)
CLIMPRAIR	Nb jours favorables récolte foin (<i>jours</i>)
	Nb jours favorables récolte enrubannage (<i>jours</i>)
	Etat hydrique estival (<i>pluviométrie/ETP</i>)
CLIMMAISCIER	Risque de gel au stade épis 1 cm (<i>jours</i>)
	Risque d'échaudage thermique (<i>jours</i>)
PRODFOUR	Fourrages produits (<i>tMS/UGB</i>)
	Rendement herbe 1 ^{er} coupe (<i>tMS/ha</i>)
	Mais % dans fourrages récoltés (<i>% de la MS</i>)
PRODCONC	Concentrés produits (<i>tMS/UGB</i>)
	Rendement cultures annuelles (<i>q/ha</i>)
ACHATS	Fourrages achetés (<i>tMS/UGB</i>)
	Concentrés achetés (<i>tMS/UGB</i>)
ALIM	Fourrages consommées (<i>tMS/UGB</i>)
	Concentrés consommées (<i>tMS/UGB</i>)
	Herbe pâturée consommée (<i>tMS/UGB</i>)
PRODTROUP	Productivité animale (<i>lait/VL Br, kgvv/UGB</i>)
	Taille du troupeau (<i>UGB</i>)
RES	Valeur ajoutée (<i>euros/ha SAU</i>)

La variable latente représentant la résilience (RES) est le résultat d'une seule variable manifeste, la valeur ajoutée en euros par ha de SAU. L'alimentation des animaux est le premier poste de charges, et l'autonomie alimentaire est une variable clé des performances techniques et économiques des exploitations d'élevage de ruminants AB (Veysset et al., 2023), nous avons défini quatre variables latentes représentant les stratégies d'alimentation des troupeaux : PRODFOUR pour les fourrages produits sur la ferme, PRODCONC pour les concentrés produits sur la ferme, ACHATS pour les quantités d'aliments achetés, et ALIM pour les différents aliments composant la ration annuelle des animaux.

La variable latente CLIMPRAIR et CLIMMAISCIER représentent des conditions météorologiques pouvant avoir un impact sur la pousse et à la récolte de l'herbe et des cultures annuelles respectivement. La production des exploitations est représentée par la variable latente PRODTROUP. Ces variables latentes prennent une valeur unique par ferme et par an, résultat d'une combinaison linéaire des variables techniques mesurées (Tableau 1).

CLIMPRAIR peut influencer la production des fourrages (PRODFOUR), l'alimentation du troupeau (ALIM) et les achats d'aliments (ACHATS). CLIMMAISCIER peut impacter la production de concentrés (PRODCONC) et l'alimentation du troupeau (ALIM). PRODFOUR et PRODCONC peuvent influencer les achats d'aliments (ACHATS), l'alimentation du troupeau (ALIM) et la résilience (RES). Enfin PRODTROUP et ALIM peuvent impacter RES. Le package plsppm sur R fournit les coefficients (ou poids) des combinaisons linéaires des variables manifestes qui forment leur variable latente et la valeur de la corrélation entre la variable manifeste et sa variable latente, ainsi que les poids des relations entre variables latentes.

1.3.3. Transformation des variables

Les exploitations de l'échantillon étudié sont diverses et les variables utilisées dans l'analyse n'ont pas les mêmes unités, ce qui peut générer des biais dans l'analyse par approche PLS. L'objectif étant de comprendre les dynamiques d'adaptation propres à chaque exploitation, chaque variable (technique, économique, agroclimatique) de chaque exploitation-année a été centrée-réduite relativement à la moyenne et à l'écart-type de l'exploitation considérée sur sa durée de présence dans le réseau (six ou sept ans). La valeur résultante de cette standardisation représente l'écart de la valeur annuelle de la variable à son niveau moyen sur six ou sept ans.

L'ensemble des variables économiques a été déflaté de l'indice annuel des prix à la consommation (IPC) fourni par l'Insee afin de raisonner en euros constants 2020.

1.3.4. Typologie des exploitations

Afin de distinguer différents types d'exploitation selon leurs niveaux de résilience, et d'analyser la cohérence de leur fonctionnement respectif, nous avons réalisé une typologie des exploitations selon les conditions climatiques, les stratégies de production, d'achats et de distributions d'aliments, de production des troupeaux en lien avec les variations inter-annuelle de valeur ajoutée. Une analyse en composantes principales (ACP) avec les variables latentes du modèle PLS en variables actives, les exploitations-années en individus, les années et type de production (BL, BV, OL et OV) en variables qualitatives, a d'abord été conduite. A partir des dimensions (axes) retenus dans l'ACP nous avons réalisé une classification ascendante hiérarchique (CAH) des individus.

2. RESULTATS

2.1. EVOLUTIONS MOYENNES DES VARIABLES OBSERVEES

2.1.1. Variables agroclimatiques

Le nombre de journées favorables aux récoltes d'herbe sous forme d'enrubannage et de foin fluctue respectivement autour de $3,5 \pm 3,1$ jours, et $5,2 \pm 4$ jours, entre 2014 et 2020 (Tableau 2). En 2016, 2018 et 2019, le nombre de jours sans pluie et/ou avec une faible pluviométrie au moment du stade de récolte optimal de l'herbe (déterminé selon la somme des températures depuis le 1^e février de l'année soit 750°C pour l'enrubannage et 1100°C pour le foin), était les plus faibles en moyenne. La satisfaction hydrique estivale des prairies après la fauche, évaluée par le ratio pluviométrie/ETP, permet d'évaluer un potentiel de pousse d'herbe automnal. Si ce ratio est supérieur à 0,66, le potentiel est estimé bon, s'il est inférieur à 0,33 il y a un risque d'arrêt de la pousse de l'herbe. Seule l'année 2014 a offert un bon potentiel.

Le nombre moyen de jours de gel (température minimale inférieure à -4°C) entre le 20 février et le 10 avril, c'est-à-dire susceptible d'affecter l'épis des céréales au stade 1 cm, est de 2,1 en moyenne sur sept ans (Tableau 2). C'est en 2018 que le nombre de jours de gel au début de printemps a été le plus élevé (6,3 jours). Le nombre moyen de journées où la température maximale est supérieure à 32°C entre le 1^e juin et le 30 septembre peut entraîner un moindre remplissage des grains du maïs (échaudage). Ce risque est très variable, mais avec une moyenne sur sept ans de 11,3 jours, il a plutôt tendance à augmenter les dernières années.

2.1.2. Variables technico-économiques des exploitations

La taille moyenne des troupeaux s'est accrue de 6% en sept ans avec un chargement moyen animal par hectare de surface fourragère (SFP) autour de 1 UGB/ha SFP en légère baisse sur les deux dernières années (Tableau 2).

Le rendement moyen des premières coupes d'herbe est peu variable d'une année à l'autre avec une moyenne sur sept ans de 3,3 tonnes de matière sèche (tMS) par ha. L'année 2018 se distingue avec 3,8 tMS/ha, certainement dû à des récoltes tardives liées aux conditions météorologiques défavorables de printemps (cf supra). La quantité de fourrages produits et stockés par UGB est donc relativement stable sur les sept années (2,76 tMS/UGB), avec une quantité supérieure en 2018 (Tableau 2). Parmi les fourrages récoltés et stockés, la part du maïs est très faible, 4,4% du tonnage en moyenne, 23 éleveurs sur 36 ne cultivent jamais de maïs et cinq en ont cultivé certaines années. Le rendement moyen des céréales (Tableau 2) est assez stable d'une année à l'autre (31,1 q/ha), le rendement de 2018 étant le plus faible (29,5 q/ha) certainement en lien avec le plus grand nombre de jours de gel au printemps.

L'alimentation fourragère des troupeaux est constituée en moyenne sur les sept ans de 40% d'herbe pâturée et 60% de fourrages conservés (Tableau 2). La part des fourrages conservés tend à augmenter (2,76 tMS/UGB en 2014, 2,90 tMS/UGB en 2020) au détriment de l'herbe pâturée. Les années où le potentiel de pousse de l'herbe à l'automne était

le plus faible (2016 et 2018), la quantité d'herbe pâturée par UGB est la plus faible. Ces années difficiles pour la pousse automnale de l'herbe, mais également au printemps compliqué pour récolter dans de bonnes conditions, sont également les années au cours desquelles les éleveurs ont acheté le plus de fourrages (Tableau 2); 2019 n'était pas la plus mauvaise année climatique pour l'herbe, mais il y a certainement eu des achats au printemps 2019 à la sortie de l'hiver 2018-2019. La quantité d'aliments concentrés produits sur les fermes, achetés et consommés par les animaux est relativement stable (Tableau 2).

La productivité des animaux est restée stable sur sept ans (Tableau 2). Du fait de la légère baisse de chargement moyen animal sur les deux dernières années, le produit brut animal par hectare de SAU baisse sur ces deux années, alors qu'il était stable de 2014 à 2018 (Tableau 2). La tendance à l'augmentation de l'utilisation de fourrages conservés et à l'achat de fourrages les mauvaises années climatiques, font que les consommations intermédiaires utilisées augmentent régulièrement par ha de SAU, soit une augmentation de 11% en sept ans. La valeur ajoutée perd alors 200 €/ha SAU, soit -30% entre 2014 et 2020.

2.2. MODELE DE MESURE : CONTRIBUTION DES VARIABLES OBSERVEES AUX VARIABLE LATENTES

Le nombre de jours favorables à la récolte d'herbe ainsi que l'état hydrique des prairies en fin d'été/début d'automne sont positivement corrélés, de façon similaire, avec CLIMPAIR (Figure 1). CLIMPAIR exprime de bonnes conditions météorologiques pour récolter l'herbe et la faire pâturer en fin d'été. CLIMMAISER exprime des conditions météorologiques défavorables au rendement des céréales et du maïs puisque le risque de gel au printemps et d'échaudage en été sont positivement corrélés à cette variable latente, avec un fort coefficient de corrélation pour le risque de gel ($r=0,89$). Le rendement d'herbe en première coupe, la part de maïs ensilage dans les stocks fourragers ainsi que la quantité totale de fourrages récoltés par UGB sont positivement corrélés avec PRODFOUR. PRODCONC est fortement positivement liée au rendement des céréales et donc à la quantité totale de concentrés produits sur la ferme par UGB. ACHATS est positivement corrélé aux quantités de concentrés et de fourrages achetés dans l'année par UGB, avec un plus fort coefficient de corrélation ($r=0,86$) pour les achats de fourrages. La part de la pâture, des fourrages conservés et des concentrés dans l'alimentation des animaux (exprimés en tMS/UGB) forment ALIM, avec un fort coefficient de corrélation ($r=0,90$) pour les fourrages et la pâture. PRODTROUP est fortement positivement corrélé à la productivité animale ($r=0,94$) et dans une moindre mesure à la taille du troupeau ($r=0,37$). Enfin, la variable RES est à 100% constituée par la valeur ajoutée par hectare de SAU.

2.3. MODELE STRUCTUREL : RELATIONS ENTRE LES VARIABLES LATENTES

Des conditions climatiques pour le pâturage automnal et les récoltes d'herbe meilleures que la moyenne septennale (CLIMPAIR) impactent négativement la variation par rapport à la moyenne septennale de production des fourrages (PRODFOUR), ainsi que celle des achats d'aliments (ACHAT) et de consommation de fourrages (ALIM) (Figure 1). Des conditions météorologiques plus défavorables au rendement des cultures que la moyenne septennale (CLIMMAISER) n'ont pas d'impact significatif sur la variation de production de concentrés (PRODCONC), mais impactent positivement celle de consommation de fourrages (ALIM). La variation de production des fourrages par rapport à la moyenne septennale (PRODFOUR) ainsi que celle de concentrés (PRODCONC), impactent positivement celle de consommation d'aliments (ALIM), principalement celle de consommation de fourrages conservés. Les variations de quantité d'aliments achetés par rapport à la moyenne septennale (ACHATS) sont également positivement liées avec ALIM, via principalement les

fourrages. Il n'y a pas de lien significatif entre PRODFOUR et ACHATS, la variation de quantité de fourrages produits n'impacte pas significativement celle des achats d'aliments. PRODFOUR, PRODCONC et la stratégie d'alimentation des animaux (ALIM) n'ont pas de lien significatif avec la variation par rapport à la moyenne septennale de la valeur ajoutée (RES). ACHATS impacte négativement RES. La variable latente la plus fortement liée à RES est PRODTROUP.

une augmentation de la valeur ajoutée relativement aux moyennes septennales respectives des exploitations. Les 77 exploitations-années du groupe 3 sont celles qui ont eu la plus grosse dégradation de leur valeur ajoutée relativement à leur moyenne septennale respective. Ceci est la résultante d'une forte dégradation des productions animales couplée à une augmentation des achats d'aliments et de consommation de fourrages conservés.

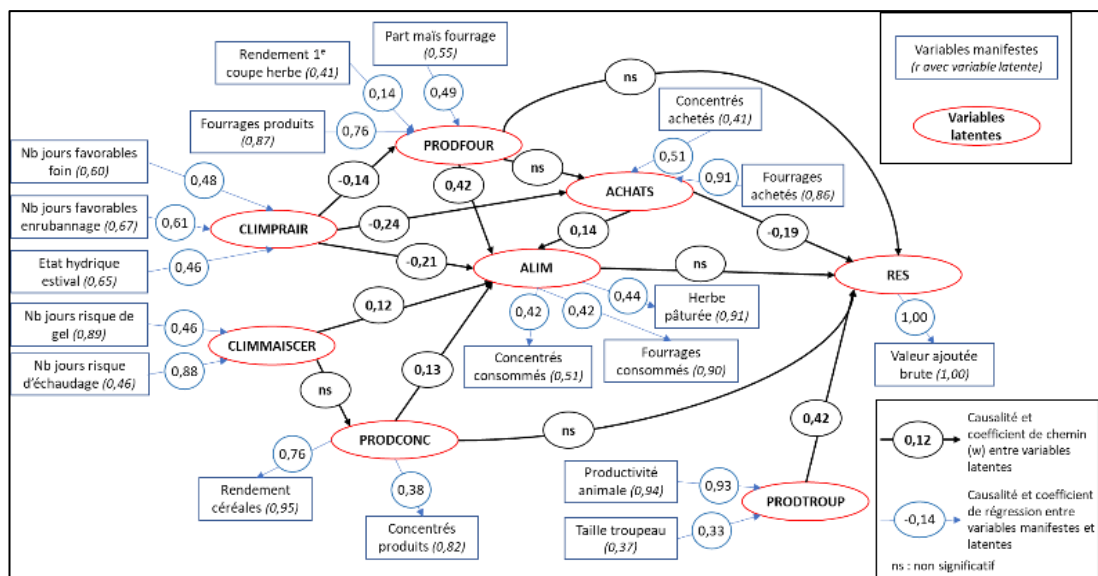


Figure 1 Modèle d'équation structurelle reliant les variables latentes entre elles et à la variable latente RES (résilience), et aux variables mesurées sur 36 exploitations d'élevage de ruminants AB sur la période 2014-2020.

Ces exploitations semblent avoir souffert d'une sécheresse estivale avec un faible état hydrique des prairies en fin d'été caractéristique de l'année 2020.

2.4. TYPOLOGIE DES STRATEGIES D'ADAPTATION ET DE CONSTRUCTION DE LA RESILIENCE

Les deux premiers axes de l'ACP expliquent 41,0% de la variabilité de notre échantillon. Sur le premier axe (23,2% de la variabilité totale) se trouvent positivement corrélés ALIM ($r=0,76$), PRODFOUR ($r=0,51$) et ACHATS ($r=0,51$) et négativement corrélé CLIMPRAIR ($r=-0,68$). Cet axe exprime donc l'opposition entre bonnes conditions climatiques pour les prairies et la production, l'achat et la consommation de fourrages. Le deuxième axe (17,8% de la variabilité totale) exprime positivement la productivité du troupeau (PRODTROUP, $r=0,68$) et la résilience (RES, $r=0,71$).

La classification des exploitations-années met en évidence trois groupes sans effet significatif du type de production (BL, BV, OL ou OV). La variable « année » est discriminante, les exploitations-années de 2014 et 2015 se trouvent en plus forte proportion dans le groupe 1, les exploitations-année de 2016 dans le groupe 2, et les exploitations-années de 2020 dans le groupe 3. Les exploitations-années 2017 et 2019 se répartissent de façon indifférenciée dans les trois groupes.

Par rapport aux moyennes septennales de chacune des variables, les 72 exploitations-années du groupe 1 se caractérisent par une moindre production et consommation de fourrages ainsi que de moindre achats que les deux autres groupes, en lien avec de bonnes conditions climatiques pour la pousse et l'exploitation de l'herbe au pâturage (année 2014). Les écarts de productivité du troupeau de ce groupe sont plus faibles que ceux du groupe 2. La valeur ajoutée des exploitations du groupe 1 est légèrement supérieure à leur moyenne septennale respective.

Le groupe 2 rassemble 95 exploitations-années qui privilégient l'augmentation des productions animales en n'hésitant pas à augmenter les achats d'aliments et la réalisation de stocks fourragers pour pallier des conditions climatiques défavorables pour l'exploitation de l'herbe (année 2016). Malgré les achats, la stratégie d'augmenter la production par animal se traduit par

3. DISCUSSION

L'appariement de données technico-économiques d'exploitations d'élevage et de données météorologiques est une originalité qui permet d'objectiver l'exposition de chaque ferme aux risques climatiques et d'analyser les impacts. L'indicateur de résilience, valeur ajoutée, est un indicateur économique, donc sensible aux variations de prix d'une année à l'autre dont nous pourrions nous affranchir en décomposant l'effet-prix et l'effet-volume et ainsi évaluer la résilience via l'évolution de la productivité des facteurs (Veysset et al., 2023). Le pâturage est au cœur du fonctionnement des systèmes fourragers des élevages étudiés. La maximisation du pâturage semble être un objectif pour les éleveurs, Perrin et al. (2020) ont montré que l'augmentation de la durée de pâturage des animaux augmentait le niveau de satisfaction des éleveurs de bovins laitiers bio. Cette priorité au pâturage se fait au détriment de la récolte de fourrages et donc de la constitution de stock fourragers. Un bon état hydrique des prairies en fin d'été et automne permet un allongement de la durée de pâturage, et limite donc les besoins en fourrages conservés. Lorsque les conditions climatiques sont défavorables au pâturage, la principale adaptation des éleveurs face à l'allongement de la période d'affouragement est l'achat de fourrages ; le niveau d'achat et de consommation de concentrés restant stable d'une année à l'autre.

Sur les sept années étudiées, les exploitations sont restées très herbagères sans adaptation significative des assolements et modes de récolte des fourrages. Cette non anticipation des mauvaises années climatiques par réalisation de stocks fourragers de sécurité les bonnes années, pénalise l'autonomie fourragère des exploitations qui est pourtant un facteur réduisant la vulnérabilité des exploitations laitières bio face aux aléas climatiques (Bouttes et al., 2018). Cependant, la recherche d'autonomie fourragère pour limiter les achats d'aliments et sécuriser la production peut entraîner des coûts, notamment une augmentation conséquente des coûts de mécanisation (Chatellier et al., 2020)

Il apparaît que lors de mauvaises années climatiques pour une exploitation optimale de l'herbe, les éleveurs qui ont fait le choix d'acheter des fourrages en complément de leurs propres stocks pour améliorer la production de leurs animaux, ont amélioré la valeur ajoutée de leur exploitation. Ceci montre le rôle positif majeur du maintien voire de l'amélioration de la production du troupeau dans la résilience des exploitations. Il y a donc des compromis à trouver entre la production du troupeau, le niveau d'autonomie fourragère et l'achat d'aliments. Si la fréquence des mauvaises années climatiques pour l'herbe augmente, la stratégie d'achat de fourrages et autres aliments pour maintenir la production ne sera certainement pas durable financièrement pour les éleveurs, d'autant que le prix des aliments du bétail certifiés bio peut devenir un obstacle face à la demande du marché (Escribano, 2018).

CONCLUSION

Les 36 exploitations d'élevage de ruminants certifiées agriculture biologique suivies durant sept ans (2014-2020) dans le Massif central priorisent le pâturage pour l'alimentation de leurs animaux au détriment de la constitution de stocks fourragers de sécurité. Lors des mauvaises années climatiques pour les prairies, et notamment lors de fins d'étés et d'automne secs limitant la durée de pâturage, le principal levier d'adaptation des éleveurs est l'achat de fourrages. Cependant, à court terme, les achats d'aliments pour le bétail peuvent s'avérer judicieux pour la résilience des exploitations s'ils permettent de maintenir voire d'augmenter les productions animales qui restent déterminantes. Les aléas climatiques ne sont pas les seuls aléas auxquels sont confrontés les élevages biologiques ; pour la première fois depuis plus de 15 ans, la consommation de produits biologiques en France a diminué en 2022, entraînant une baisse des prix à la production, alors que le prix des animaux et des produits animaux conventionnels a fortement augmenté. La valeur ajoutée, proxy de résilience utilisé, est indicateur microéconomique dont la variation entre deux années reflète les variations des pratiques

indépendamment des stratégies d'investissement, de travail, et des subventions reçues sur le long terme. La résilience, la durabilité des exploitations d'élevage bio en zones géographiques contraintes nécessite des études sur la gestion opérationnelle des compromis notamment entre les volumes de productions, les pratiques agricoles, les achats tout en intégrant les stratégies d'investissement sur le moyen et long terme. Quel que soit le modèle ou la méthode utilisées pour ces études des systèmes complexes, il est nécessaire de disposer de données fiables sur le long terme et de travailler en interdisciplinarité sans oublier le rôle essentiel de l'expertise.

- Bouttes M., San Cristobal M., Martin G., 2018.** European Journal of Agronomy 94:89-97
Carpenter S., Walker B., Anderies J.M., Abel N., 2001. Ecosystems 4:765-81
Chatellier V., Perrot C., Beguin E., Moraine M., Veysset P., 2020. INRAE Prod Anim 33:261-282
Dardonville M., Bockstaller C., Therond O., 2021. Journal of Cleaner Production 286:125456
Escribano A.J., 2018. Sustainability 10:2393
Mosnier C., Boutry A., Lherm M., Devun J., 2013. Fourrages, 213: 11-20
Perrin A., San Cristobal M., Milestad R., Martin G., 2020. Agricultural Systems 183:102875
Pôle Bio Massif Central, 2023. <https://pole-bio-massif-central.org/nos-projetsde-recherche-et-developpement-en-cours/bioreferences/resultats-du-projet-bioreferences>
Sauvant D., Martin O., 2010. INRAE Productions Animales 23:5-10
SIDAM, Copamac, 2023. <https://www.sidam-massifcentral.fr/developpement/ap3c>
Urruty N., Tailliez-Lefebvre D., Huyghe C., 2016. Agronomy for Sustainable Development 36:15.
Veysset P., Kouakou E., Minviel J.J., 2023. Organic Agriculture 13:205–22

Tableau 2 Valeurs annuelles moyennes (écart-type) de 2014 à 2020 et moyennes (écart-type) sur sept ans des variables agro-climatiques et technico-économiques utilisées pour notre étude des 36 ou 28 exploitations BioRéférences

Libellé variables manifestes (unité)	2014 (n=36)	2015 (n=36)	2016 (n=36)	2017 (n=36)	2018 (n=36)	2019 (n=36)	2020 (n=28)	Moyenne 7 ans (n=244)
Nb jours favorables récolte foin	6,1 (3,1)	9,1 (3,9)	2,1 (2,9)	6,2 (3,6)	2,4 (3,6)	3,8 (2,2)	7,4 (3,2)	5,2 (4,0)
Nb jours favorables récolte enrubannage	4,0 (2,7)	3,8 (2,9)	2,9 (2,3)	5,0 (4,5)	3,1 (2,6)	2,3 (1,9)	3,3 (3,2)	3,5 (3,1)
Etat hydrique estival (<i>pluviométrie/ETP</i>)	0,86 (0,16)	0,53 (0,13)	0,36 (0,11)	0,51 (0,21)	0,32 (0,09)	0,44 (0,21)	0,39 (0,12)	0,49 (0,23)
Risque de gel au stade épis 1 cm (<i>jours</i>)	1,1 (1,9)	1,8 (2,4)	1,7 (1,9)	0,5 (0,8)	6,3 (2,3)	1,9 (3,5)	1,1 (1,8)	2,1 (2,9)
Risque d'échaudage thermique (<i>jours</i>)	2,4 (2,6)	16,8 (7,8)	8,8 (7,4)	11,4 (8,8)	10,8 (9,5)	14,6 (7,6)	15,6 (7,6)	11,3 (8,8)
Fourrages produits (<i>tMS/UGB</i>)	2,85 (1,07)	2,46 (0,91)	3,02 (1,10)	2,63 (0,91)	2,92 (0,97)	2,68 (0,95)	2,76 (0,73)	2,76 (0,97)
Rendement herbe 1 ^e coupe (<i>tMS/ha</i>)	3,3 (1,1)	3,1 (0,9)	3,8 (0,9)	3,2 (0,7)	3,3 (0,7)	3,0 (0,8)	3,1 (0,7)	3,3 (0,9)
Maïs % dans fourrages récoltés (<i>% de la MS</i>)	3,6 (8,9)	4,4 (9,3)	3,8 (9,1)	4,1 (8,9)	3,3 (7,8)	5,2 (10,8)	7,3 (10,4)	4,4 (9,3)
Concentrés produits (<i>tMS/UGB</i>)	0,412 (0,288)	0,429 (0,262)	0,437 (0,269)	0,406 (0,262)	0,442 (0,285)	0,479 (0,285)	0,428 (0,289)	0,432 (0,274)
Rendement cultures annuelles (<i>q/ha</i>)	31,7 (10,9)	31,7 (9,9)	31,3 (8,4)	31,2 (9,4)	29,5 (9,6)	32,3 (9,7)	30,0 (11,4)	31,1 (9,7)
Fourrages achetés (<i>tMS/UGB</i>)	0,559 (0,550)	0,568 (0,500)	0,883 (1,236)	0,679 (0,602)	0,778 (0,581)	0,906 (0,743)	0,730 (0,663)	0,729 (0,739)
Concentrés achetés (<i>tMS/UGB</i>)	0,260 (0,228)	0,307 (0,254)	0,292 (0,225)	0,298 (0,256)	0,272 (0,227)	0,320 (0,262)	0,270 (0,201)	0,289 (0,236)
Fourrages consommées (<i>tMS/UGB</i>)	2,76 (0,92)	2,73 (0,87)	3,02 (1,27)	2,84 (0,88)	3,03 (0,87)	2,96 (0,83)	2,90 (0,88)	2,89 (0,94)
Concentrés consommées (<i>tMS/UGB</i>)	0,595 (0,308)	0,664 (0,341)	0,674 (0,330)	0,646 (0,367)	0,661 (0,370)	0,686 (0,378)	0,639 (0,348)	0,652 (0,343)
Herbe pâturée consommée (<i>tMS/UGB</i>)	2,02 (0,94)	2,04 (0,89)	1,85 (0,92)	1,92 (0,90)	1,75 (0,83)	1,81 (0,81)	1,87 (0,83)	1,90 (0,87)
Productivité animale (<i>indice</i>)	100 (0)	103 (17)	101 (17)	101 (21)	100 (20)	104 (27)	103 (19)	102 (19)
Taille du troupeau (<i>UGB</i>)	86 (40)	89 (43)	91 (45)	93 (47)	93 (48)	93 (48)	91 (42)	91 (44)
Valeur ajoutée brute (<i>euros/ha SAU</i>)	655 (400)	651 (372)	664 (424)	628 (491)	569 (447)	578 (441)	454 (404)	605 (427)
Chargement moyen annuel (<i>UGB/ha SFP</i>)	1,01 (0,23)	1,04 (0,24)	1,01 (0,21)	1,02 (0,22)	1,01 (0,24)	1,00 (0,24)	0,94 (0,22)	1,01 (0,23)
Produit brut animal (<i>€/ha SAU</i>)	1525 (756)	1550 (736)	1575 (794)	1562 (819)	1509 (807)	1500 (819)	1393 (755)	1520 (777)
Consommations intermédiaires (<i>€/ha SAU</i>)	1008 (344)	1032 (353)	1063 (361)	1072 (393)	1086 (371)	1097 (389)	1120 (430)	1067 (373)